

# METHOD FOR PRODUCING OPTICAL TRANSMISSION BODY CONSISTING OF SYNTHETIC RESIN

Publication number: JP61130904

Publication date: 1986-06-18

Inventor: OTSUKA YASUJI; KOIKE YASUHIRO; MAEDA KOICHI; TAKIGAWA AKIO; AOKI YUICHI; TAGO IKUO; YOSHIDA MOTOAKI

Applicant: NIPPON SHEET GLASS CO LTD; OTSUKA YASUJI

Classification:

- international: C08F2/02; G02B3/00; G02B6/00; C08F2/02; G02B3/00; G02B6/00; (IPC1-7): C08F2/02; G02B6/00; G02B6/18

- european:

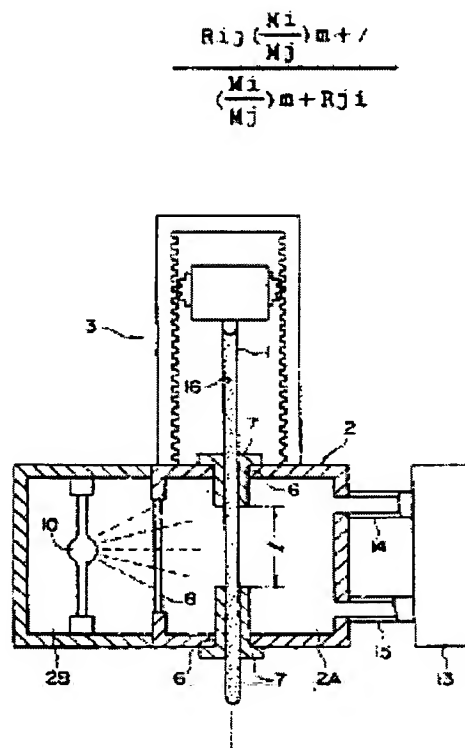
Application number: JP19840252880 19841130

Priority number(s): JP19840252880 19841130

Report a data error here

## Abstract of JP61130904

**PURPOSE:** To obtain a uniform refractive index distribution over the entire part of a diameter by filling a monomer mixture composed of plural kinds having different polymer refractive indices and reactivity ratios into a prescribed vessel, heating the mixture to a specific temp. and polymerizing the mixture from the outside layer thereof toward the inside in the vessel. **CONSTITUTION:** The monomer mixture composed of such plural kinds as to attain  $\geq 1.1$  or  $\leq 1/1.1$  value of the formula when the reactivity ratio of an optional monomer  $M_i$  with respect to a monomer  $M_j$  in plural kinds of monomers having the different polymer refractive indices is designated as  $R_{ij}$ , the reactivity ratio of the monomer  $M_j$  with respect to the monomer  $M_i$  as  $R_{ji}$  and the mixing molar ratio of the monomers  $M_i$  and  $M_j$  as  $(M_i/M_j)_m$  is filled into a polymerizing tube 1 and the temp. to be applied to the tube 1 is made  $\geq 50$  deg.C, more preferably  $\leq 150$  deg.C. The heating is progressively executed from one end of the tube 1. The copolymer containing much monomer having the high monomer reactivity ratio is formed from near the inside wall of the tube 1 when the temp. of the polymerization system is increased by which the formation of the uniform refractive index gradient from the periphery toward the center of the tube is made possible. The copolymer is further thermally stretched and is made into a fiber, by which the optical near parabolic fiber having large NA is obtained.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## ⑬ 公開特許公報(A)

昭61-130904

⑪ Int. Cl.

G 02 B 6/00  
C 08 F 2/02  
G 02 B 6/18

識別記号

庁内整理番号

U-7370-2H  
7102-4J  
7370-2H

⑭ 公開 昭和61年(1986)6月18日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑫ 発明の名称 合成樹脂光伝送体を製造する方法

⑮ 特 願 昭59-252880

⑯ 出 願 昭59(1984)11月30日

⑫ 発 明 者	大 塚	保 治	東京都杉並区高井戸東3-23-13
⑫ 発 明 者	小 池	康 博	東京都目黒区中根2-15-24
⑫ 発 明 者	前 田	浩 一	西宮市仁川町2-2-1-405
⑫ 発 明 者	滝 川	章 雄	西宮市仁川町2-2-1-202
⑫ 発 明 者	青 木	裕 一	西宮市段上町6-18-11
⑫ 発 明 者	田 子	育 良	西宮市段上町6-18-11
⑫ 発 明 者	吉 田	元 昭	川西市湯山台2-44-9
⑰ 出 願 人	日本板硝子株式会社		大阪市東区道修町4丁目8番地
⑰ 出 願 人	大 塚	保 治	東京都杉並区高井戸東3-23-13
⑱ 代 理 人	弁理士 大野 精市		

明 細 書

## 1. 発明の名称

合成樹脂光伝送体を製造する方法

## 2. 特許請求の範囲

- (1) 重合体屈折率の異なる複数種の単量体において、任意の単量体  $M_i$  の単量体  $M_j$  に対する反応性比を  $R_{ij}$ 、単量体  $M_j$  の単量体  $M_i$  に対する反応性比を  $R_{ji}$  とし、単量体  $M_i$  と  $M_j$  の混合モル比を  $(M_i/M_j)_0$  とすれば

$$\frac{R_{ij} \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_0 + 1}{\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_0 + R_{ji}}$$

の値が 1.0 以上であるか又は 1.0 以下になるような複数種の単量体混合物を所定の容器に充填し、前記容器を 40°C 以上に加熱することにより、容器中の混合物の外層から内部に向けて重合反応を進めることを特徴とする合成樹脂光伝送体を製造する方法。

- (2) 特許請求の範囲第1項記載の方法において、使用する容器として単量体混合物の中で最も単量体反応性比の高い、すなわち単量体混合物の最も外層において多く重合する単量体  $M_k$  の重合体と同一又は親和性の良いものとすることを特徴とする合成樹脂光伝送体の製造方法。

- (3) 特許請求の範囲第1項記載の方法において、加熱は前記容器の一端側から漸進的に行なうことを特徴とする合成樹脂光伝送体の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## (発明の技術分野)

本発明は合成樹脂の屈折率分布型光伝送体を製造する方法に関する。

## (発明の技術的背景)

屈折率分布型光伝送体は周知のように光軸と直交する方向に中心から周辺に向けて屈折率が次第に変化する分布をもつ透明体から成り、ロッド状のレンズ、光伝送ファイバ等として広く使用されている。

上記の自己集束性光伝送体は、中心軸上の屈折

率を  $N_0$ ,  $A$  を定数として中心軸から  $X$  の距離における屈折率  $N$  が

$$N = N_0 (1 - 1/2 AX^2) \quad (1)$$

の式で表わされる分布をもつ。

そして定数  $A$  が正のとき上記伝送体は凸レンズ作用を有し、 $A$  が負の場合には凹レンズ作用を有する。

また中心近傍において(1)式の  $A > 0$  の屈折率分布を有し、それよりも外周側において次第に外側に向けて屈折率が増加しているような分布をもつ屈折率分布型光伝送体も提案されている。

(従来技術の説明)

このような屈折率分布型の光伝送体を合成樹脂で製造する代表的な方法として、重合体屈折率と単量体反応性比が互いに異なる複数の単量体の混合物を所定の容器に充填し、容器の外側から光を照射して容器の混合物の外層より徐々に重合反応を進めて単量体ユニットの共重合体分布すなわち屈折率分布を形成させる方法がある。

以下に従来技術を詳しく説明する。

ここで

$$\frac{R_{ij} \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m + /}{\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m + R_{ji}} = Q \quad (5)$$

とおくと、 $Q > 1$  であれば常に下記(6)式が成立する。

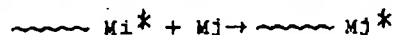
$$\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_p > \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m \quad (6)$$

すなわち生成する共重合体中の  $M_i$  成分の含有比は単量体混合物中の  $M_i$  の混合比よりも常に高くなるが  $Q \geq 1$  であることが好ましい。

重合時間とともに残存している単量体混合物中の  $M_i$  の混合比は次第に減少し、逆に  $M_j$  の混合比は次第に増加する。したがって重合初期に生成する共重合体中の  $M_i$  成分の含有比は高いが、重合時間と共にその時点で生成する共重合体の  $M_i$  成分の含有比は減少する。逆に生成する共重合体中の  $M_j$  成分の含有比は重合の進行と共に次第に増加する。このようにして得られる共重合体は組成の異なる

まず単量体混合物を光透過性の成形型に充填する。単量体混合物中の単量体相互の間の反応性比の関係は次の様になる。

一般に多元共重合反応において下記生長反応



の速度定数を  $K_{ij}$  とすれば、任意の単量体  $M_i$  の単量体  $M_j$  に対する反応性比  $R_{ij}$  は

$$R_{ij} = K_{ii} / K_{ij} \quad (2)$$

と定義される。同様に単量体  $M_i$  に対する単量体  $M_j$  の反応性比  $R_{ji}$  は

$$R_{ji} = K_{jj} / K_{ji} \quad (3)$$

と定義される。 $X$  元共重合には  $X(X-1)$  個の反応性比がある。また単量体  $M_i$  と  $M_j$  の混合比を  $(M_i/M_j)_m$  とすると、このとき生成する共重合体の単量体成分組成比  $(M_i/M_j)_p$  は下記(4)式で表わされることが知られている。

$$\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_p = \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m \frac{R_{ij} \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m + /}{\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m + R_{ji}} \quad (4)$$

共重合体の混合物である。

また  $Q < 1$  (好ましくは  $Q \leq 0.9$ ) であれば常に

$$\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_p < \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m \quad (7)$$

となるから、 $Q > 1$  の場合とは逆に、共重合体中の  $M_i$  成分の含有比は単量体混合物中の  $M_i$  の混合比よりも常に小さくなる。

$Q = 1$  であれば

$$\left( \frac{M_i}{M_j} \right)_p = \left( \frac{M_i}{M_j} \right)_m \quad (8)$$

となり、単量体混合比と等しい組成を持った共重合体が生成し、共重合体は組成分布を示さない。従って前記(5)式における  $Q$  が 1 以外の数(好ましくは  $Q \geq 1$  / または  $Q \leq 0.9$ ) であって、この様な単量体混合物を透明管内に充填して外側から光を照射するとき、外側から中心軸方向に向けて重合が進行すれば反応性比の大きい単量体ほど外側へ偏った単量体組成分布が形成される。

例えば単量体混合物が単量体  $M_1, M_2, \dots, M_X$  の  $X$  種の単量体より成っており、 $1 \leq i \leq X$  である

ような1およびjを選んだ時に前記(5)式におけるQが1よりも大きい数であれば共重合体中におけるM1成分の量が最大または極大である部分は、Mj成分の量が最大または極大である部分よりも先に重合した部分にある。すなわちこの場合に共重合体の組成分布を外側から中心方向に向けて調べた場合には、M1成分がまず最大または極大値に達し次にM2成分、M3成分・・・と、順に極大値が見られて、中心においてMx成分が極大値をとることになる。

従って単量体M1, M2・・・Mxの重合体P1, P2・・・Pxの屈折率N1, N2・・・Nxが異なっていれば半径方向に何らかの屈折率分布が得られる。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら系内の温度が室温又は低温であり、光を照射することだけにより、二成分系において前記(1)式の屈折率分布を有する合成樹脂光伝送体を得ようとする、その中心軸近くのみが(1)式の屈折率分布を持っていて、周辺部に行くにつれて、屈折率の勾配は緩やかとなってしまふ。

ここで上記の屈折率分布が形成される機構について説明する。

例としてMMA(メチルメタクリレート)、VB(安息香酸ビニル)二成分系共重合(MMA/VB-//)において、转化率Pの上昇に伴い析出する共重合体屈折率変化を第7図に示す。重合初期から中期にかけて析出する共重合体の屈折率はあまり上昇しないが、重合後期において急激な上昇を示す。ここで重合管内壁付近に析出する共重合体は重合初期から中期に析出したものであるため、周辺領域での屈折率分布は緩やかな勾配になり、重合後期つまり中心領域の屈折率分布は急激な勾配となる。このため全体に一樣な屈折率分布を有する合成樹脂光伝送体を得ることはできない。

(従来の問題点を解決する手段)

上記問題点を解決する本発明の要旨は、重合体屈折率の異なる複数種の単量体において任意の単量体Miの単量体Mjに対する反応性比をRij、単量体Mjの単量体Miに対する反応性比をRjiとし、単量体MiとMjの混合モル比を(Mi/Mj)m

これは、重合と共に析出する共重合体の屈折率は増加するが重合初期は、すなわち周辺領域に析出する共重合体の屈折率の上昇は緩やかであるが、重合後期、すなわち中心領域では、急上昇するためである。以下にこの現象を説明する。系内が室温又は低温であれば熱重合は無視できる範囲にあり重合は光によってのみ進行すると仮定してもよい。光照射によって共重合が始まり、反応系は次第に粘稠になり、管の内壁に重合体層が形成される。これは管の内壁に近いほど紫外線の強度が強いから、内壁に近いほど、より多くのラジカルが発生し重合が開始され、共重合体ラジカルが生ずるためである。

しかし、最初のうちは、ラジカルは反応系中を容易に拡散し得るから、系全体で反応が進行し、系の粘度は一樣に増大する。粘度が増大するにつれてラジカルの拡散は遅くなり、ラジカルは内壁近くで成長して高分子量の共重合体となる。共重合体層は時間と共に厚くなり遂に中心部まで固化するようになる。

とすれば

$$\frac{R_{ij}(\frac{M_i}{M_j})_m + 1}{(\frac{M_i}{M_j})_m + R_{ji}}$$

の値が1.1以上であるか又は1.1以下になるような複数種の単量体混合物を所定の容器に充填し、適当な温度に加熱する、その所定の容器に加わる温度を40℃以上にする。

上記の加熱処理は、例えば後述の実施例に示すように所定温度に保持した恒温室に重合容器を貫通配置して恒温室あるいは重合容器のいずれかを他方に対して相対移動させるなどの方法によって、加熱範囲を重合容器の一部のみに限定して容器の一端側から漸進的に加熱を進めることが望ましい。このような漸進加熱によって、重合反応の過程で容器の中心近傍の液体混合物が収縮しても、上記加熱域外上方にある液体混合物が収縮分を埋めるように順次流下し、容器内外周においても容器軸方向に漸進的に重合が進行し、容器内外周部が全長にわたり先に固化してしまつて内部に空洞が残るといったこともなく、全長にわたり空洞、気

泡のない均一な屈折率分布重合体を得ることができる。

本発明を実施するに当たり、光照射は行なった方が好ましいが、熱重合単独だけでも径全体に均一な屈折率分布を有する合成樹脂光伝送体を製造することができる。

また本発明において重合容器として、最も単量体反応性比の高い単量体すなわち、容器内壁上に析出する共重合体中に最も多く含まれている単量体の重合体と同様又は親和性の良い合成樹脂製容器を使用することが望ましい。このような材質の容器を用いると親和性が良いため内壁上には親和性が悪い容器と比べて転化率の低い状態で共重合体が析出するため周辺の屈折率が低下するので屈折率差が大きくなり開口数 NA が大きくなる。

本発明で使用する単量体としては、本発明者の先行出願特願昭50-17723、特願昭55-53920、特願昭58-1954、特願昭58-1956に列挙した単量体群を使用することができ、これら単量体の使用により凸レンズ作用を有

マーとなる単量体を  $M_1$ 、高屈折率ポリマーとなる単量体を  $M_2$  としてある。

これらの組合せの中から選んだ2種の単量体の組み合わせについて、その単量体反応性比、重合体の屈折率、上記 Q の値が 1.1 以上または 1.1/1 以下になるような混合比の範囲を例示すると第1表の通りである。

(発明の効果)

二成分系において重合系の温度を  $40^{\circ}\text{C}$  以上に上昇させて行くと、熱重合の効果が大きくなるので、ラジカルが発生してから反応系の粘度が急上昇して、共重合体ラジカルの拡散が困難となるまでが短時間となる。更に容器内壁上付近から単量体反応性比の高い単量体を多く含む共重合体が生成するが、その時、熱重合の効果により、残りの単量体混合物の転化率も上昇している。そしてその転化率は時間と共に上昇する。すなわち前述のように熱重合が無視できる場合とは異なり、重合管内壁上付近に析出する共重合体は既に第4図中の屈折率が急上昇する転化率に到達している。従って

する自己集束性光伝送体を製造することができる。一例として、二成分系単量体混合物を用いて本発明を実施する場合の好適な単量体  $M_1, M_2$  の例を以下に列記する。 $M_1$  としてメタクリル酸メチル・メタクリル酸エチル・メタクリル酸トリフロロエチルなどのメタクリル酸脂肪族エステル、無水メタクリル酸、ジメタクリル酸エチレン又はこれらの混合物。 $M_2$  として安息香酸ビニル・O-クロル安息香酸ビニル・P-クロル安息香酸ビニル・α-ナフトエ酸ビニル・β-ナフトエ酸ビニルなどの芳香族カルボン酸ビニル・アクリロニトリル・ペンタクロルスチレン又はこれらの混合物。

$M_1$  としてアクリル酸メチル・アクリル酸エチルなどのアクリル酸エステルまたはこれらと上記のメタクリル酸エステルの混合物。 $M_2$  として上記の芳香族カルボン酸ビニル・スチレン又はこれらの混合物。

$M_1$  としてメタクリル酸メチル・メタクリロニトリル。 $M_2$  としてα-メチルスチレン。

上記の  $M_1-M_2$  の組み合わせの例は低屈折率ポリ

単量体	$M_1$ または $M_2$	重合体の屈折率	使用できる重合率の範囲、 (内径は任意)	
			全範囲 (10-0.5)	全範囲 (5-0.2)
メタクリル酸メチル	2.52	1.4917		
安息香酸ビニル	0.070	1.5775		
メタクリル酸メチル	1.351	1.4917		
アクリロニトリル	0.100	1.52		
メタクリル酸メチル	0.0	1.4917		
ペンタクロルスチレン	0.35	1.63		
メタクリル酸トリフロロエチル	1.032	1.418		
O-クロル安息香酸ビニル	0.013	1.599		
メタクリル酸O-ナフトール	1.24	1.483		
安息香酸ビニル	0.13	1.5775		
アクリル酸メチル	3.45	1.4723		
安息香酸ビニル	0.077	1.5775		

第 1 表 つづき

単 量 体	T <sub>1</sub> または T <sub>2</sub>	重合体の屈折率	使用できる重合率の範囲 (内は内をしい範囲)
M <sub>1</sub> 酢酸ビニル	0.047	1.47	全範囲 (2~0.1)
M <sub>2</sub> マタリウム酸マタリ	1.051	1.5704	
M <sub>3</sub> マタリウム酸メチル	0.50	1.4917	全範囲 (5~0.2)
M <sub>4</sub> マタリウム酸ブチル	1.11	1.5704	
M <sub>5</sub> 酢酸ビニル	0.7	1.47	全範囲 (10~0.1)
M <sub>6</sub> 安息香酸ビニル	1.5	1.5775	
M <sub>7</sub> マタリウム酸マタリ	0.50	1.4917	1.4以下 又は 1.54以上
M <sub>8</sub> α-メチルメタクリレン	0.14	1.59	
M <sub>9</sub> マタリウム酸トリス	0.35	1.53	1.4以下 又は 1.59以上
M <sub>10</sub> α-メチルメタクリレン	0.12	1.59	
M <sub>11</sub> マタリウム酸マタリ	0.14	1.4917	0.24以下 又は 0.50以上
M <sub>12</sub> スチレン	0.68	1.59	

を有し一端を閉じた重合管に満たし第 1 図に示す装置によって光重合する。

重合管 1 は隔壁 2 を上下方向に貫いて設置され、駆動機構 3 によって自転しつつ上下方向に一定速度で移動する。隔壁 2 の天井壁及び底壁には貫通孔 6 が設けられてありこれらには内径を重合管 1 の外径とはば一致させたガイドチューブ 7、7 が設置されており、このガイドチューブ 7、7 内を重合管 1 が移動する。ガイドチューブの隔壁内の突出長さを調整することにより重合管 1 に対する照射範囲を重合管長さ方向一定長 8 に限定する役目を果たす。隔壁 2 の内部は透光窓 9 を有する隔壁によって恒温室 2A と光源収容室 2B とに仕切られており、恒温室 2A を貫通移動する重合管 1 に対し、光源収容室内の光源ランプ 10 からの光束が透光窓 9 を通して照射されるようになっている。恒温室 2A の一方の側壁にはエアコン装置 13 が送気管 14 と吸気管 15 とを介して接続されており、恒温室 2A 内から吸気管 15 で回収された後エアコン装置 13 で一定温度に制御された

周辺から一様な屈折率勾配となる共重合体層が時間と共に中心まで形成されて行くので、二成分系においても屈折率分布が全体的に一様な合成樹脂光伝送体を製造することが可能となる。

そして径全体に一様な屈折率分布が形成される為開口数 NA も大きくなる。これを更に熱延伸してファイバー化すると NA の大きい光集束性光学繊維を得ることができる。

更に三成分以上の系においても、本発明を適用すれば同様な効果が得られるので、例えば従来法では系全体に一様な屈折率分布が得られない組成においても一様な屈折率分布を形成させることが可能となる。言い換えれば本発明方法によれば組成以外の方法で屈折率分布をコントロールすることができ、それだけ組成の選択範囲が拡大する。

#### (発明の実施例)

まず、所定量の単量体 M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>……を混合しこれに所定量の重合開始剤 (例えば過酸化ベンゾイル (BPO)、ベンゾインメチルエーテルなど) を溶解し、これを所定の内径 (たとえば約 2.9mm)

管が送気管 14 を通じて恒温室 2A 内に送り込まれ、これにより照射範囲において重合管 1 を取り囲む雰囲気は常時 4.0℃以上の一定温度に保持される。

上記装置において重合管 1 は恒温室 2A を通して上方から下方に向けて一定速度で送られ、これにより管 1 内の単量体混合物は下端から漸進的に加熱および光照射を受ける。共重合は重合管 1 の底部よりおこる。

重合によって体積が収縮するが、重合管の上部にある重合していない部分から単量体混合物が常に供給されるので重合体内部に空隙が生じることはない。重合管 1 の移動とともに重合する部分は次第に上部に移動し、遂に重合管 1 内の単量体混合物がすべて固化する。加熱および照射開始してから所定時間たとえば約 1.0 時間後に重合管 1 を装置より取り外し、たとえば 80℃に 24 時間加熱して残存単量体をできるだけ重合させておく。

ついで、共重合体ロッドを取り出す。ロッドは両端の部分を除き、ロッド全体に亘って屈折率分布

定数Aは一定値を示す。

上記実施例では加熱と光照射を併用しているが光源ランプ10による重合管4への光照射を省略して加熱のみでもよい。

次に第2図に原理を示した熱延伸装置によって延伸する。すなわち上記の合成樹脂ロッドをプリフォーム21として支持部材22に装着し速度 $V_1$  ( $\text{mm/sec}$ )で降下させ、一定温度 $T_d$ の定温加熱器23の間を通過させ、下方のドライロール24により速度 $V_2$  ( $\text{mm/sec}$ )で引張り、延伸する。 $V_2/V_1$ が延伸率となる。得られた合成樹脂光学繊維25を切断研磨して長さ1〜2mmのロッドレンズに仕上げ、そのレンズ作用から(1)式の屈折率分布定数Aを求める。また、合成樹脂光学繊維をドラムに巻きつけ、一端より6328Åのレーザー光を入射させ、他端より射出する光の強度を測定する。繊維の長さや射出光の強度の関係から伝送損失を求める。

#### 実施例

次に本発明の実施例について説明する。  
(実施例1)

実施例2

MMA, VPACを4対1の重量比で混合し、重合開始剤として0.5wt%のBPOを溶解し、これを内径7mmのバイレックスガラス重合管に満たした。今回は紫外線照射を行わず、熱重合のみによって共重合させた。恒温室2A内の温度は40°C、重合時間は20時間その他の条件は実施例1と同様である。

得られた合成樹脂光伝送体の屈折率分布を第4図に示す。系内の温度を40°Cにすることにより、(1)式に相当する屈折率分布を有する領域を拡大することができた。ただし、バイレックスガラス管は単量体反応性の高いMMAと親和性が悪いため、管内で析出したMMAを多く含む共重合体がなかなか重合管中に析出せず、ある程度集合した上で析出するため、周辺屈折率が上昇するので屈折率差は小さくなった。

(実施例3)

MMA, VPACを5対1の重量比で混合し、重合開始剤として0.5wt%のBPOを溶解し、これを内径

単量体としてMMA (メタクリル樹脂系)、VPAC (フェニル酢酸ビニル)を5対1の重量比で混合し、これに重合開始剤として0.5wt%のBPOを溶解し、これを内径5.3mmを有し一端を開じたアクリル樹脂(PMMA)の透明重合管1に満たし、第1図に示す装置によって系内の温度を三種程度えて光共重合した。

透光板の間隔は70mm、紫外線ランプ10から重合管1までの距離は10cm、重合管回転速度は40rpm、ランプ上昇速度は0.3mm/minとして恒温室2A内の温度を30°C, 50°C, 60°C一定の三種の場合において実験した。

三種の温度条件によって得られた合成樹脂光伝送体の屈折率分布を干渉顕微鏡により測定すると第3図のようになる。ここで縦軸は中心軸の屈折率からの屈折率差、横軸は規格化された半径である。第3図から明らかなように、系内の温度を高くするにつれて、(1)式に相当する一様な屈折率分布を示す領域がほぼ径全体に広がるのがわかる。

14.3mmのアクリル樹脂製の重合管に満たした。今回も紫外線照射を行わず、熱重合のみによって共重合させた。恒温室2A内の温度は40°C、重合時間は24時間、その他の条件は実施例1と同様である。

得られた合成樹脂光伝送体の屈折率分布を第5図に示す。系内の温度を40°Cと高くすることにより、径全体に(1)式に相当する屈折率分布を得ることができた。しかも単量体反応性の高いMMAと同一材質の重合管を使用したため、MMAと親和性が良いため内壁上には親和性が悪いバイレックスガラス管の場合に比べて転化率の低い状態で共重合体が析出し、周辺の屈折率が低下したので、屈折率差が大きくなった。従って開口数NAは0.22以前よりも高い値が得られた。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明を実施する装置の一例を示す縦断面図、第2図は第1図の装置で得られる母材ロッドを熱延伸して屈折率分布型光学繊維を成形する工程を示す縦断面図、第3図、第4図、第5図

は本発明方法で得られた光伝送体における半径方向の屈折率分布状態の種々の例を示すグラフ、第6図は従来方法による光伝送体の屈折率分布状態を示すグラフである。

- 1・・・重合管 2・・・隔壁 2A・・・恒温室  
2B・・・光源収容室 3・・・重合管駆動機構  
6・・・貫通孔 7・・・ガイドチューブ  
8・・・透光窓 10・・・光源ランプ  
13・・・エアコン装置 14・・・送気管  
15・・・吸気管

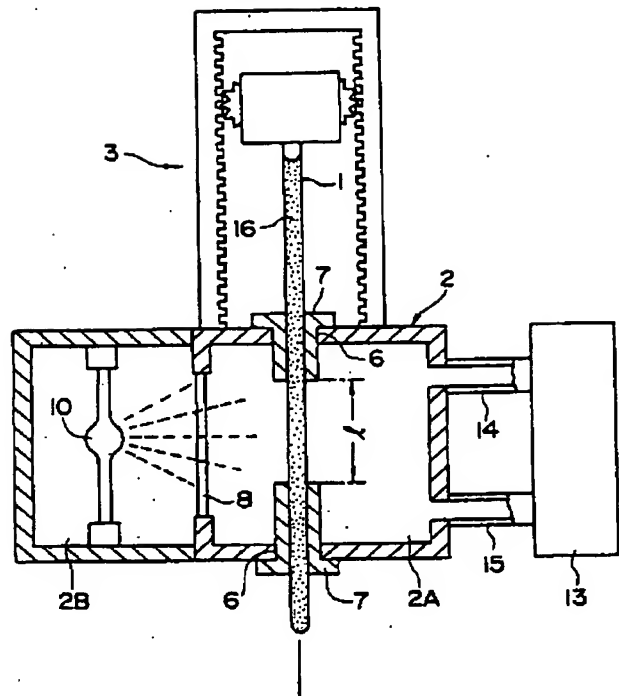
特許出願人 日本板硝子株式会社

同 大 塚 保 治

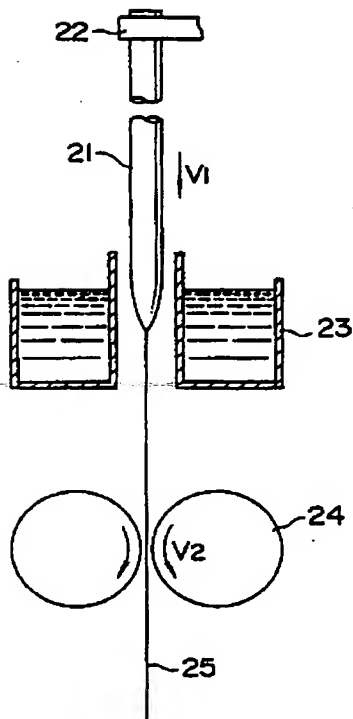
代理人 弁理士 大 野 精 市



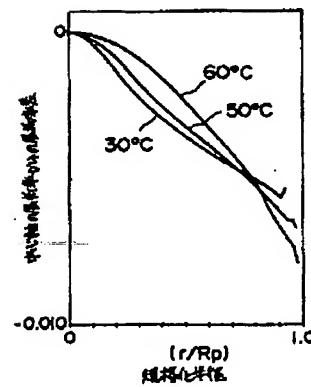
第 1 図



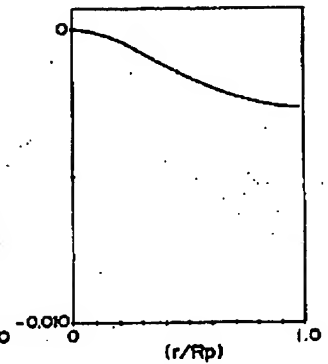
第 2 図



第 3 図

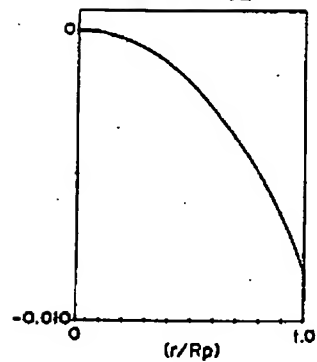


第 4 図

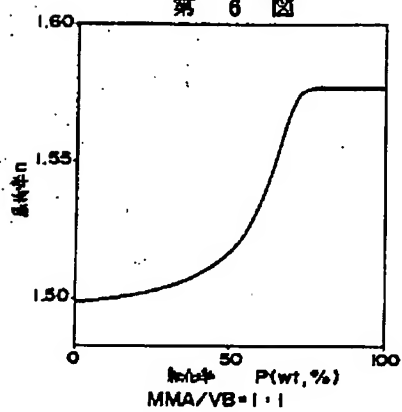




第 5 図



第 6 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**